

## **SKRIPSI**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *IMPULSE HAMMER*  
DENGAN TRANSDUSER GAYA BERBASIS STRAIN GAUGE  
UNTUK BENDA UJI BERDIMENSI KECIL**



**FARRAS RINALDI**

**03051381722087**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

## **SKRIPSI**

### **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *IMPULSE HAMMER* DENGAN TRANSDUSER GAYA BERBASIS STRAIN GAUGE UNTUK BENDA UJI BERDIMENSI KECIL**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH :**

**FARRAS RINALDI**

**03051381722087**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

### **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *IMPULSE HAMMER* DENGAN TRANSDUSER GAYA BERBASIS STRAIN GAUGE UNTUK BENDA UJI BERDIMENSI KECIL**

#### **SKRIPSI**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh:**

**FARRAS RINALDI**

**03051381722087**

**Palembang, 10 Januari 2022**

**Diperiksa dan disetujui oleh :**

**Pembimbing Skripsi**



**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 19711225 199702 1 001**



**Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T.  
NIP. 19700228 199412 1 001**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No.** :  
**Diterima Tanggal** :  
**Paraf** :

## **SKRIPSI**

NAMA : FARRAS RINALDI  
NIM : 03051381722087  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL SKRIPSI : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN  
*IMPULSE HAMMER DENGAN TRANSDUSER*  
GAYA BERBASIS STRAIN GAUGE UNTUK  
BENDA UJI BERDIMENSI KECIL  
DIBUAT PADA : DESEMBER 2020  
SELESAI PADA : DESEMBER 2021

Palembang, 10 Januari 2022

Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 19711225 199702 1 001

Dr. Muhammad Yanis,S.T., M.T.  
NIP. 19700228 199412 1 001

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Muhammad Yanis', is shown next to the name.

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *IMPULSE HAMMER* DENGAN TRANSDUSER GAYA BERBASIS STRAIN GAUGE UNTUK BENDA UJI BERDIMENSI KECIL ” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 06 Januari 2022.

Palembang, 10 Januari 2022

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua

1. Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D. (.....)  
NIP. 197909272003121004

Anggota:

2. Ir. H. Zainal Abidin, M.T. (.....)  
NIP. 195809101986021001
3. M.A. Ade Saputra, S.T., M.T. (.....)  
NIP. 198711302019031006

Palembang, 10 Januari 2022

Mengetahui,



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 19711225 199702 1 001

Diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Skripsi

Dr. Muhammad Yanis,S.T., M.T.  
NIP. 19700228 199412 1 001

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Farras Rinaldi

NIM : 03051381722087

Judul : Perancangan Dan Pembuatan *Impulse Hammer* Dengan Transduser Gaya Berbasis *Strain Gauge* Untuk Benda Uji Berdimensi Kecil

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Januari 2022



Farras Rinaldi

NIM : 03051381722087

## **HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Farras Rinaldi  
NIM : 03051381722087  
Judul : Perancangan Dan Pembuatan *Impulse Hammer* Dengan Transduser Gaya Berbasis *Strain Gauge* Untuk Benda Uji Berdimensi Kecil

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan plagiat dalam skripsi ini. Apabila ditemukan unsur penjiplakan plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, saya buat pernyataan ini dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Januari 2022



Farras Rinaldi

NIM : 03051381722087

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat, dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini

Skripsi yang berjudul “Perancangan Dan Pembuatan *Impulse Hammer* Dengan Transduser Gaya Berbasis *Strain Gauge* Untuk Benda Uji Berdimensi Kecil”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

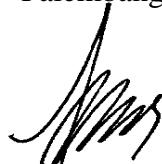
Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
3. Bapak Dr. Muhammad Yanis, S.T, M.T. selaku sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Kedua orang tua penulis yang selalu mendukung baik secara lahir maupun batin.
5. Ir. Firmansyah Burlian, M.T. selaku pembimbing akademik di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Teman-teman yang kerap memberikan semangat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sekaligus menjadi teman yang sering berbagi ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini ke depannya akan sangat

membantu. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Palembang, Januari 2022



Farras Rinaldi

## **RINGKASAN**

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *IMPULSE HAMMER* DENGAN TRANSDUSER GAYA BERBASIS *STRAIN GAUGE* UNTUK BENDA UJI BERDIMENSI KECIL.

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 26 Desember 2021

Farras Rinaldi, di bimbing oleh Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T.

xxx+ 57 Halaman, 4 Tabel, 38 gambar

## **RINGKASAN**

Pada proses pemesinan, getaran pribadi (*self-excited vibration*) atau *chatter* merupakan salah satu penghambat utama dalam peningkatan produktivitas produktifitas dan kualitas. Sebagai konsekuensi dari interaksi antara pahat (*cutting tool*) dan benda kerja (*work piece*) selama pemesinan, Berdasarkan latar belakang diatas maka pada skripsi ini akan melakukan penelitian tentang perancangan dan pembuatan *impulse hammer* dengan tranduser gaya berbasis *strain gauge* untuk benda uji berdimensi kecil. Tujuan dari penelitian ini Mempelajari dan mengidentifikasi parameter dinamik (frekuensi pribadi dan modus getar) dari pahat, selain itu juga Perancangan dan pembuatan *hammer test* untuk menentukan *Stability Lobe Diagram* (SLD) dari data dalam suatu pemesinan menggunakan mesin perkakas CNC. Sampai saat ini fenomena “*chatter*” yang didefinisikan sebagai getaran tereksitasi sendiri (*self-excited vibration*) atau sering juga disebut dalam proses permesinan otomatis, seperti CNC *turning*, *milling*, dan *drilling*, masih saja menjadi hambatan utama dalam peningkatan produktifitas dan kualitas. Sebagai konsekuensi dari interaksi antara mata potong (*cutting tool*) dan benda kerja (*work piece*) selama permesinan. Pada kasus tertentu, terdapat getaran yang tidak diinginkan atau harus dihindari karena getaran menimbulkan bunyi, merusak elemen mesin perkakas tertentu, memindahkan gaya yang tidak diinginkan, merusak pahat, dan menggerakkan benda yang ada didekatnya. Pengujian tap, juga

dikenal sebagai pengujian *impulse hammer*, adalah metode analisis modal eksperimental yang digunakan untuk mengeksitasi sistem peralatan mesin dalam rangka untuk mengekstrak informasi harmoniknya seperti frekuensi natural, massa modal, rasio redaman modal, dan bentuk modus getar. Sistem Kalibrasi Gravimetri Struktural adalah alat kalibrasi sederhana dan serbaguna yang memanfaatkan medan gravitasi bumi sebagai referensi. Dalam prosesnya pembuatan impulse hammer ini membutuhkan tahapan-tahapan dimana menggabungkan bagian mekanikal dan elektrikal setelah itu membuat prototipe, melakukan kalibrasi setelah itu melakukan pengujian dimana hasil uji dan pembahasan akan memperoleh rancangan (cetak biru) dari transduser gaya bentuk mengukur beban impuls (impak) yang terpasang pada purwarupa “impuls hammer” berukuran kecil. Data pengujian dari transduser gaya adalah besar gaya impak dalam satuan N sebagai fungsi waktu. bentuk Kurva F (N) vs (S). sebagai hasil analisis domain waktu. Selain itu, data pengujian dan kalibrasi mencakup informasi gaya impak maksimum dan rentang frekuensi (bandwidth) sebagai hasil analisis frekuensi response dari transduser gaya. Dengan menempatkan akcelerometer ke sebuah papan *breadboard* dan beberapa kabel *jumper*, keluaran analog sensor dapat dibaca pada pin ADC pada Arduino UNO. proses *wiring* sensor selesai, sketsa arduino atau beberapa kode perlu disusun dan dikompilasi sebelum melakukan uji atau kalibrasi sensor. Kalibrasi didasarkan pada asumsi bahwa respons sensor berbanding lurus dengan percepatan, dan bahwa kita mengetahui tiga nilai percepatan yang dapat diukur respons sensornya pada masing-masing sumbu. Saat sensor diam, diposisikan datar pada permukaan horizontal maka sumbu Z akan mengukur gaya gravitasi – 1g – dan sensor X dan Y masing-masing akan mengukur nol. Dalam pengujian *impulse hammer* ini memakai baja dan alumunium ujung kepalanya, karena data yang didapat terdiri dari 12.159 sampel maka yang ditampilkan hanya cuplikan sampel uji yang ditentukan 10.240 sampel per detik dengan baudrate speed 115200 bps. Pengujian *hammer tip* yang terbuat dari baja memberikan hasil gaya impak puncak ( $F_{peak}$ ) dengan harga minimum pada gaya sebesar 10,21 N (1,041 g) dan harga maksimum pada gaya sebesar 16,20 N (1,651 g). Pengujian *hammer tip* yang terbuat dari alumunium memberikan hasil gaya impak puncak ( $F_{peak}$ ) dengan harga minimum pada gaya sebesar 6,43 N (0,655 g) dan harga maksimum pada gaya

sebesar 6,55 N (0,720 g). Dari hasil pengujian ini telah diperoleh beberapa karakteristik impak dinamis dari protipe *impulse hammer* yang saat ini masih terus dikembangkan dan pengujian dan kalibrasi dilakukan mengikuti standarisasi internasional ISO 1603-13:2001 tentang *Primary Shock Calibration*. Tingkat kekerasan dari material *hammer tip* mempengaruhi besar harga gaya impak ( $F_{peak}$ ) maksimum dan lebar durasi waktu (*impulse pulse-width*). Semakin keras *hammer tip*, semakin tinggi harga gaya impak ( $F_{peak}$ ) maksimum dan durasi waktu (*impulse pulse-width*) yang kecil dan Semakin lunak (*soft*) *hammer tip*, semakin rendah harga gaya impak ( $F_{peak}$ ) maksimum dan lebar durasi waktu (*impulse pulse-width*) yang lebar.

**Kata Kunci** :Impulse Hammer, Arduino uno, Frekuensi, Sistem Kalibrasi Gravimetri Struktural

## SUMMARY

DESIGN AND MANUFACTURE OF IMPULSE HAMMER WITH STYLED  
TRANSDUDER BASED ON STRAIN GAUGE FOR SMALL DIMENSIONAL  
TESTING OBJECTS.

Scientific writing in the form of a thesis, December 26, 2021

Farras Rinaldi, supervised by Dr. Muhammad Yanis, ST, M.T.

xxx+ 57 Pages, 4 Tables, 38 images

## SUMMARY

In the machining process, *self-excited vibration* or *chatter* is one of the main obstacles in increasing productivity, productivity and quality. As a consequence of the interaction between the tool (*cutting\_tool*) and work piece during machining. Based on the above background, this thesis will conduct research on the design and manufacture of an *impulse hammer* with a-based force transducer *strain gauge* for small-dimensional specimens. The purpose of this research is to study and identify the dynamic parameters (personal frequency and vibration mode) of the tool, in addition to the design and manufacture of a *hammer test* to determine the *Stability Lobe Diagram* (SLD) of the data in a machining using a CNC machine tool. Until now the phenomenon of "*chatter*" which is defined as *self-excited vibration* often referred to in automated machining processes, such as CNC *turning*, *milling*, and *drilling*, is still a major obstacle in increasing productivity and quality. As a consequence of the interaction between the cutting tool and the workpiece(*workpiece*)during machining. In certain cases, vibrations are unwanted or must be avoided because vibrations create sound, damage certain machine tool elements, transfer unwanted forces, damage tools, and move nearby objects. Tap testing, also known as testing *impulse hammer*, is an experimental modal analysis method used to excite a machine tool system in order to extract its harmonic information such as natural frequency, modal mass, modal damping ratio, and

vibration mode shape. The Structural Gravimetric Calibration System is a simple and versatile calibration tool that utilizes the Earth's gravitational field as a reference. In the process of making this impulse hammer, it requires stages which combine mechanical and electrical parts after that make a prototype, calibrate after that carry out a test where the test results and discussion will obtain a design (blueprint) of the shape force transducer measuring the impulse load (impact) installed. on the small "impulse hammer" prototype. The test data from the force transducer is the magnitude of the impact force in N units as a function of time. Curve shape  $F(N)rs(S)$ . as a result of time domain analysis. In addition, the test and calibration data includes information on the maximum impact force and frequency range (bandwidth) as a result of the analysis of the frequency response of the force transducer. By placing the accelerometer into a *breadboard* and somewires *jumper*, the analog sensor output can be read on the ADC pins on the Arduino UNO. process is *wiring* Sensorcomplete, Arduino sketch or some code needs to be compiled and compiled before performing sensor test or calibration. Calibration is based on the assumption that the sensor response is directly proportional to the acceleration, and that we know three values of acceleration that the sensor response can be measured on each axis. When the sensor is stationary, positioned flat on a horizontal surface, the Z axis will measure the force of gravity – 1g – and the X and Y sensors will measure zero, respectively. In testing this *impulse hammer* using a steel and aluminum head tip, because the data obtained consists of 12,159 samples, only samples of the test sample are shown which are determined to be 10,240 samples per second with a baud rate speed of 115200 bps. The test *hammer tip* made of steel gives a peak impact force ( $F_{peak}$ ) with a minimum value of 10.21 N (1.041 g) and a maximum value of 16.20 N (1.651 g). The test *hammer tip* made of aluminum gave a peak impact force ( $F_{peak}$ ) with a minimum value of 6.43 N (0.655 g) and a maximum value of 6.55 N (0.720 g). From the results of this test, several dynamic impact characteristics of the prototype have been obtained *impulse hammer* which are currently still being developed and testing and calibration is carried out following the international standard ISO 1603-13:2001 regarding *Primary Shock Calibration*. The hardness level of the material *hammer tip* affects the value of the impact force ( $F_{peak\ maximum}$ ) and the width of the time duration (*impulse*). *pulse-*

*width*). The harder the *hammer tip*, the higher the value of the impact force ( $F_{peak\ maximum}$ ) and the duration of time (*impulse pulse-width*) that is smaller and more soft(soft) *hammertip*,the lower the price the impact force ( $F_{peak}$ )and the maximum width of the time duration(*impulse pulse-width*) which is wide.

**Keywords :** Impulse Hammer, Arduino uno, Frequency, Structural Gravimetric Calibration System

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	iii
Halaman Pengesahan .....	v
Halaman Pengesahan Agenda.....	vii
Halaman Persetujuan .....	ix
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi .....	xi
Halaman Pernyataan Intergritas .....	xiii
Kata Pengantar .....	xv
Ringkasan.....	xvii
Summary .....	xxi
Daftar Isi.....	xxv
Daftar Gambar.....	xxvii
Daftar Tabel .....	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Pemesinan Menggunakan Mesin Perkakas .....	5
2.2    Getaran Pada Permesinan Chatter .....	7
2.3    Fungsi Respon Frekuensi (FRF).....	8
2.4 <i>State of the art : Miniature Impulse Hammer.</i> .....	11
2.5    Alat Bantu Pengujian dan Kalibrasi .....	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1    Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2    Pemodelan Dinamik Transduser Gaya .....	18
3.3    Alat dan Bahan .....	20
3.3.1    Sistem Mekanikal.....	20
3.3.2    Sistem Elektrikal .....	21

3.4	Proses Pengambilan Data Pengujian dan Kalibrasi .....	22
3.5	Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.6	Hasil yang Diharapkan dari Penelitian .....	24
	BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1	Pengujian <i>Accelerometer</i> Analog ADXL335 .....	25
4.1.1	Antarmuka Sensor .....	26
4.1.2	Desain Coding untuk Pengukuran Raw Data .....	29
4.1.3	Kalibrasi dan Pengujian.....	32
4.1.4	Hasil Kalibrasi dan Pembahasan .....	32
4.2	Pengujian Impulse Hammer.....	37
4.2.1	Pengaturan Testing Rig .....	38
4.2.2	Pengujian Gaya Impak untuk Steel Tip .....	39
4.2.3	Pengujian Gaya Impak untuk Aluminium Tip .....	43
4.3	Analisis Domain Frekuensi.....	45
4.4	Pembahasan.....	48
	BAB 5 KESIMPULAN .....	53
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	54
	DAFTAR RUJUKAN.....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prosedur membuat Stability Lobe Diagram (SLD)(YUE et al..... 2019).....	6
Gambar 2.2	Miniature impulse hammer dari PCB® (Singh et al., 2015) .....	6
Gambar 2.3	Dampak chatter problem dalam proses metal cutting (Munoa et al., 2016).....	8
Gambar 2.4	FRF dari sistem getaran (a) Model sistem 1 DOF (b) Model..... sistemMDOF (Carri & Ewins, 2014) .....	10
Gambar 2.5	Produk impulse hammer komersial (a) Varian produk dan (b) ..... Anatomi impulse hammer .....	13
Gambar 2.6	Alat bantu kalibrasi sensor secara gravimetric (Modal, n.d.).....	14
Gambar 2.7	Konfigurasi pengantungan massa reaksi sebagai bandul (Paliwal & Babu, 2020) .....	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	17
Gambar 3.2	Pemodelan transduser gaya (load cell) (Kobusch et al., 2015) .....	19
Gambar 3.3	Komponen Mekanikal .....	20
Gambar 3.4	Load Cell dan Amplifier HX.711 .....	21
Gambar 3.5	Load Cell, Amplifier HX.711, dan Arduino Uno .....	22
Gambar 3.6	Diagram akuisisi data untuk pengujian dan kalibrasi.....	23
Gambar 4.1	Sensor ADXL335 pada break-out modul GY-61 .....	26
Gambar 4.2	Antarmuka dan pinout sensor .....	27
Gambar 4.3	Koneksi antara sensor modul via pin ADC .....	28
Gambar 4.4	Cara kerja Coding di Arduino .....	29
Gambar 4.5	Cara kerja Coding secara Eksternal dengan fungsi Analog .. Reference .....	30
Gambar 4.6	Cara kerja Coding pada IDE map.....	31
Gambar 4.7	Cara kerja Coding Keluaran sensor diperkecil menjadi pecahan Gs. .....	31
Gambar 4.8	Testing rig dan fabrikasi prototipe .....	32
Gambar 4.9	Tampilan sumbu X,Y dan Z pada Arduino .....	35

Gambar 4.10	Final Coding.....	36
Gambar 4.11	Desain impulse hammer beserta komponen pendukungnya .....	37
Gambar 4.12	Pengaturan eksperimen dan testing rig .....	39
Gambar 4.13	Gaya impak 1,041 g .....	40
Gambar 4.14	Gaya impak 1,349 g .....	41
Gambar 4.15	Gaya impak 1,429 g .....	42
Gambar 4.16	Gaya impak 1,651 g .....	42
Gambar 4.17	Gaya impak 0,72 g .....	43
Gambar 4.18	Gaya impak 0,6679 g .....	44
Gambar 4.19	Gaya impak 0,6549 g .....	44
Gambar 4.20	Power spectrum dari impuls dengan gaya impak 1,041 g.....	45
Gambar 4.21	Power spectrum dari impuls dengan gaya impak 1,4290 g.....	46
Gambar 4.22	Power spectrum dari impuls dengan gaya impak 1,651 g.....	46
Gambar 4.23	Power spectrum dari impuls dengan gaya impak 0,6549 g.....	47
Gambar 4.24	Power spectrum dari impuls dengan gaya impak 0,6679 g.....	47
Gambar 4.25	Power spectrum dari impuls dengan gaya impak 0,72 g.....	48

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Sensitivitas miniature impulse hammer PCB® .....	
	(AutomationLaboratories Inc . 2013) .....	7
Tabel 3.1	Uraian Kegiatan Selama Pelaksanaan Pengumpulan Data dan penelitian.....	24
Tabel 4.1	Gaya impak dan lebar waktu pulsa dari hammer tip baja.....	50
Tabel 4.2	Gaya impak dan lebar waktu pulsa dari hammer tip aluminum .....	50

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada proses pemesinan, getaran pribadi (*self-excited vibration*) atau *chatter* merupakan salah satu penghambat utama dalam peningkatan produktivitas produktifitas (YUE et al., 2019) dan kualitas (Quintana & Ciurana, 2011).

Sebagai konsekuensi dari interaksi antara pahat (*cutting tool*) dan benda kerja (*work piece*) selama pemesinan, *regenerative chatter* menyebabkan permukaan benda kerja bergelombang pada proses freis (Quintana & Ciurana, 2011) dan mengakibatkan sistem *instability* pada proses *freis*. Untuk itu, sebuah grafik yang menampilkan batasan antara zona stabil-tidak stabil dalam pemesinan (*depth of cut* vs. *spindle speed*), yaitu *Stability Lobe Diagram* (SLD) seringkali digunakan untuk memprediksi dan menghindari *chatter* (Dikshit et al., 2017; Paliwal & Babu, 2020a; Quang & Chung, n.d.; YUE et al., 2019).

Untuk membuat grafik SLD, data atau parameter dinamik pemesinan dari pahat ataupun benda kerja diperlukan identifikasi menggunakan analisis modal eksperimental dalam bentuk Fungsi Respons Frekuensi (FRF) dengan eksitasi impuls (Carri & Ewins, 2014b). Untuk itu, pengujian tap (sering juga disebut *hammer test*) merupakan metode analisis modal secara eksperimental yang banyak diterapkan pada sistem mesin perkakas dengan tujuan untuk mengekstrak informasi harmonik struktur dari fungsi respons frekuensi atau FRF (Carrella & Ewins, 2011; Ewins, 2000), seperti frekuensi pribadi (*natural frequency*), massa modal, rasio redaman modal, dan bentuk modus getar (Automation Laboratories Inc ., 2013; Lamraoui et al., 2016; Quang & Chung, n.d.). Selain data dinamik tersebut, proses sintesis SLD membutuhkan data atau parameter lain, seperti koefisien pemotongan, parameter dinamis sistem, parameter proses, dan geometri dari pahat,

Dari ulasan hasil riset yang telah dipublikasikan, para peneliti telah menerapkan pengujian tap dengan *impulse hammer* mini untuk mengidentifikasi

parameter dinamik dari pahat berukuran kecil pada mesin *milling* (Brüggemann et al., 2015; Quang & Chung, n.d.; Singh et al., 2015).

Berdasarkan latar belakang diatas maka pada skripsi ini akan melakukan penelitian tentang perancangan dan pembuatan *impulse hammer* dengan tranduser gaya berbasis *strain gauge* dengan tingkat sensitivitas relatif tinggi, yang berukuran kecil (*platform* yang miniatur) untuk penujian *tap* pada mata pahat atau mata potong yang berukuran kecil maupun mikro.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian kali ini akan di rumuskan dalam beberapa rumusan masalah yang akan menjadi acuan di dalam penelitian ini. Adapun rumusan masalah tersebut antara lain:

1. Bagaimana merancang bangun transduser gaya berbasis *strain gauge* untuk prototipe *impulse hammer* mini untuk keperluan edukasi (*Do-It-Yourself*) dengan aspek low-cost, relative mudah untuk dikembangkan, ergonomis, dan novel.
2. Bagaimana prosedur dan metode pengujian serta kalibrasi untuk menentukan berapa besar gaya impak dan rentang frekuensi respons dari transduser gaya tersebut.

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam Penilitian ini akan dibutuhkan pembahasan yang akan dikaji, maka dari itu diperlukan batasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian kali ini adalah :

1. Desain dan pemodelan *impulse hammer* menggunakan program CAD *Solidworks Simulation*.
2. Fabrikasi purwarupa dari *impulse hammer* menggunakan sambungan las dan baut.
3. Load cell yang digunakan adalah tipe balok dengan *strain gauges (full bridge)* dengan *rated output* 1 kg dan 5 kg.

4. Menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dengan komunikasi serial via USB.
5. Menggunakan sensor *accelerometer* dan *gyro* (6-axis) MPU6050 yang mendukung konektivitas I2C.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Secara umum tujuan penelitian ini adalah :

1. Mempelajari dan mengidentifikasi parameter dinamik (frekuensi pribadi dan modus getar) dari pahat.
2. Perancangan dan pembuatan *hammer test* untuk menentukan *Stability Lobe Diagram* (SLD) dari data dalam suatu pemesinan menggunakan mesin perkakas CNC.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan penulis pada penelitian kali ini adalah :

1. Sebagai acuan penelitian khususnya dalam mendesain purwarupa *impulse hammer* dengan solusi dari permasalahan dalam bidang analisis modal secara eksperimental.
2. Sebagai referensi penelitian yang relevan.
3. Sebagai masukkan bagi praktisi yang bekerja dalam bidang fabrikasi .
4. Sebagai penelitian yang bersifat akademis dan ekonomis.

## DAFTAR RUJUKAN

- Automation Laboratories Inc . (2013). Fundamentals of Machining Start to Finish Guide Manufacturing. 88. [http://www.malinc.com/wp-content/uploads/2014/05/CutPro\\_Guide.pdf](http://www.malinc.com/wp-content/uploads/2014/05/CutPro_Guide.pdf)
- Brüggemann, T., Biermann, D., & Zabel, A. (2015). Development of an automatic modal pendulum for the measurement of frequency responses for the calculation of stability charts. Procedia CIRP, 33(November), 587–592. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.06.090>
- Carrella, A., & Ewins, D. J. (2011). Identifying and quantifying structural nonlinearities in engineering applications from measured frequency response functions. Mechanical Systems and Signal Processing. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2010.09.011>
- Carri, A. D., & Ewins, D. J. (2014a). A Systematic Approach to Modal Testing of Nonlinear Structures. In Conference Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series (pp. 273–286). [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6585-0\\_25](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6585-0_25)
- Dikshit, M. K., Puri, A. B., & Maity, A. (2017). Chatter and dynamic cutting force prediction in high-speed ball end milling. Machining Science and Technology, 21(2), 291–312. <https://doi.org/10.1080/10910344.2017.1284560>
- Ewins, D. J. (2000). Basics and state-of-the-art of modal testing. Sadhana, 25(3), 207–220. <https://doi.org/10.1007/BF02703540>
- Jun-Hong Zhou, Chee Khiang Pang, Lewis, F. L., & Zhao-Wei Zhong. (2009). Intelligent Diagnosis and Prognosis of Tool Wear Using Dominant Feature Identification. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 5(4), 454–464. <https://doi.org/10.1109/TII.2009.2023318>
- Kobusch, M., Eichstädt, S., Klaus, L., & Bruns, T. (2015a). Investigations for the model-based dynamic calibration of force transducers by using shock

- excitation. *Acta IMEKO*, 4(2), 45–51.  
[https://doi.org/10.21014/acta\\_imeko.v4i2.214](https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v4i2.214)
- Lamraoui, M., El Badaoui, M., & Guilleti, F. (2016). Chatter stability prediction for CNC machine tool in operating condition through operational modal analysis. *Mechanics and Industry*, 17(4).  
<https://doi.org/10.1051/meca/2015038>
- Modal, T. S. (n.d.). The Structural Gravimetric Calibration.
- Paliwal, V., & Babu, N. R. (2020a). Prediction of Stability Lobe Diagrams in High-Speed Milling by Operational Modal Analysis. *Procedia Manufacturing*, 48, 283–293. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.05.049>
- Quang, T. M., & Chung, C. (n.d.). A study on creating stability lobe diagram based on tool tip dynamics. 176(16), 65–70.
- Quintana, G., & Ciurana, J. (2011). Chatter in machining processes: A review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 51(5), 363–376.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2011.01.001>
- Singh, K. K., Singh, R., & Kartik, V. (2015). Comparative Study of Chatter Detection Methods for High-Speed Micromilling of Ti6Al4V. *Procedia Manufacturing*, 1, 593–606. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.09.040>
- YUE, C., GAO, H., LIU, X., LIANG, S. Y., & WANG, L. (2019). A review of chatter vibration research in milling. *Chinese Journal of Aeronautics*, 32(2), 215–242. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2018.11.007>
- Zhu, L., & Liu, C. (2020). Recent progress of chatter prediction, detection and suppression in milling. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 143, 106840. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.106840>